

Docket No.: R2184.0274/P274
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Toshiyuki Kawasaki, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: DIFFRACTION GRATING, METHOD OF
FABRICATING DIFFRACTION OPTICAL
ELEMENT, OPTICAL PICKUP DEVICE,
AND OPTICAL DISK DRIVE

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following
prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2002-295642	October 9, 2002
Japan	2002-380750	December 27, 2002

Application No.: Not Yet Assigned

Docket No.: R2184.0274/P274

In support of this claim, a certified copy of each said original foreign application is filed herewith.

Dated: October 7, 2003

Respectfully submitted,

By 

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorney for Applicant

Japan Patent Office

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: October 9, 2002

Application Number: Japanese Patent Application
No.2002-295642

[ST.10/C]: [JP2002-295642]

Applicant(s): RICOH COMPANY, LTD.

August 20, 2003

Commissioner,
Japan Patent Office

Yasuo Imai (Seal)

Certificate No.2003-3067912

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 9 日
Date of Application:

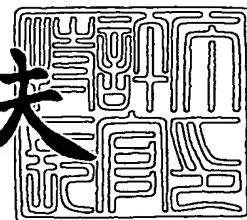
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 5 6 4 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 9 5 6 4 2]

出 願 人 株 式 会 社 リ コ ー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 7 9 1 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 0207073

【提出日】 平成14年10月 9日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G11B 7/135
G02B 5/18

【発明の名称】 回折格子及び光ピックアップ

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 川崎 俊之

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【氏名又は名称】 株式会社 リコー

【代理人】

【識別番号】 100112128

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 光威

【電話番号】 03-5993-7171

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 063511

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813682

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折格子及び光ピックアップ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 断面形状が周期的な凹凸形状を有する回折格子において、前記回折格子の凹凸形状の凸部を形成する屈折率の大きい部材の幅 D と前記凸部間のピッチ Λ とにおいて、次の条件

$$D/\Lambda \leq 0.4$$

を満足することを特徴とする回折格子。

【請求項 2】 断面形状が周期的な凹凸形状を有する回折格子において、前記回折格子における凸部間のピッチを Λ 、前記回折格子の凹部の深さを T 、前記回折格子の平均屈折率を n 、光源の波長を λ 、前記回折格子の厚さ形状を定義する Q 値を $Q = 2\pi\lambda T/n\Lambda^2$ として、前記回折格子の凸部を形成する屈折率の大きい部材の屈折率を n_2 、前記回折格子の凹部を形成する屈折率の小さい部材の屈折率を n_1 、屈折率差を $\Delta n = n_2 - n_1$ としたときの、前記凸部間のピッチ Λ と前記凸部の幅 D とにおいて、次の条件

$$D/\Lambda = 1/2 \cdot \exp(-3\Delta n Q/2)$$

を満足することを特徴とする回折格子。

【請求項 3】 前記回折格子における凸部間のピッチを Λ 、前記回折格子の凹部の深さを T 、前記回折格子の平均屈折率を n 、光源の波長を λ として、 $Q = 2\pi\lambda T/n\Lambda^2$ で与えられる Q 値が、次の条件

$$Q > 1$$

を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の回折格子。

【請求項 4】 前記回折格子の凸部の幅 D と前記凸部間のピッチ Λ における、 $D/\Lambda \leq 0.4$ を満足するように明暗の幅の比を 1 : 1 から変更したマスクパターンを有するフォトマスクを用いて前記回折格子を作成したことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の回折格子。

【請求項 5】 前記凹凸形状を有する回折格子において、凸部を複屈折媒質で形成し凹部を等方性媒質で充填したことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の回折格子。

【請求項 6】 前記凸部の複屈折媒質に、有機延伸膜を用いたことを特徴とする請求項 5 記載の回折格子。

【請求項 7】 前記凸部の複屈折媒質に、液晶を用いたことを特徴とする請求項 5 記載の回折格子。

【請求項 8】 前記光源の波長として、波長 $\lambda 1$ および波長 $\lambda 2$ を用いて、一方の波長 $\lambda 1$ を透過させるとともに、他方の波長 $\lambda 2$ を回折させることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項記載の回折格子。

【請求項 9】 請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項記載の回折格子を用いる、光源からの出射光を取り込み、集光レンズにより光記録媒体上に集光して記録または再生を行う光ピックアップにおいて、

前記光源と前記光記録媒体間の光路中に配置される前記回折格子と、前記光記録媒体からの反射光を前記回折格子により分岐して受光する光検出器とを備えたことを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 10】 前記光源と、前記光検出器と、前記回折格子が一体化されたことを特徴とする請求項 9 記載の光ピックアップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、C D (Compact Disk) , DVD (Digital Video Disk, Digital Versatile Disk) , Blu-Ray Disc等の使用波長が異なる複数規格の光記録媒体に情報の記録または再生を行う光情報処理装置に用いられる回折格子および光ピックアップに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の記録媒体に対して情報の記録または再生を行う情報処理装置において、その情報の記録再生方法の一つとして、光を用いて記録媒体に記録または再生する方法がある。このような光記録再生方法の代表的な例として、直径 12 cm の光記録媒体の片面に M P E G 2 形式による圧縮した画像情報を 2 時間以上を録画したいという要求から、DVD 規格のディスク（光記録媒体）を用いるシステム

が商品化されている。このDVD規格では、ディスクの記憶容量が片面で4.7 GB、トラック密度が $0.74 \mu\text{m}/\text{トラック}$ 、線密度が $0.267 \mu\text{m}/\text{ビット}$ である。以後、このDVD規格に基づくディスクを単に、DVDと呼ぶ。

【0003】

また、DVDのような光記録媒体に記録された情報の再生は、光ヘッドを用いて行われる。この光ヘッドにおいては、LD（半導体レーザー）から出射される光ビームが対物レンズにより光記録媒体のトラック上のピット列に集光される。さらに、光記録媒体で反射された光ビームは、集光レンズで光検出器に集光され、再生信号が得られる。この光検出器からの再生信号は再生信号処理系に入力され、データの復号が行われる。DVDの場合、光ヘッドにおけるLDの波長は650 nm、対物レンズの開口数（NA）は0.6である。

【0004】

さらに、DVDにおける規格を高密度化した新しい規格として、Blu-Ray Discがある。これは、波長405 nmの青紫色レーザーを用いて、CDやDVDと同じ直径12 cmの相変化型光記録媒体の片面1層に最大27 GBの映像データを、繰り返して記録・再生することができる次世代の大容量光記録媒体の規格である。

【0005】

Blu-Ray Discでは、短波長の青紫色レーザーを用いるとともに、ビーム光を集光する対物レンズの開口数（NA）を0.85とすることにより、ビームスポットを微小化している。また、レンズの高開口化に対応した光透過保護層厚0.1 mmの光記録媒体構造を採用することで、光記録媒体の傾きによる収差を低減し、さらに読み取りエラーの低減や記録密度の向上を図っている。これにより、光記録媒体の記録トラックピッチをDVDの約半分の $0.32 \mu\text{m}$ に微細化し、光記録媒体片面に最大27 GBの高密度記録を実現している。

【0006】

図9に光記録媒体（DVDメディア）の記録再生を行うピックアップの概略構成図を示す。光記録媒体（DVDメディア）のピックアップ1は通常偏光光学系が用いられる。すなわち、光源のLD2から対物レンズ6までの光路にPBS（

偏光ビームスプリッタ) 4 を配置し、LD 2 の直線偏光の偏光面と同じ偏光面の光を透過させ、その先に設置してある 1/4 波長板 5 で円偏光となり、対物レンズ 6 で集光させられ、光記録媒体 8 の基板下の記録層に照射される。

【0007】

さらに、光記録媒体 8 の反射面からの反射光は入射光と逆回転の円偏光となり、1/4 波長板 5 を透過すると、LD 2 の偏光面と垂直方向の偏光面をもつ直線偏光となり、PBS 4 で反射され、集光レンズ 9 を介して PD (光検出器) 10 に導かれる。波長板 (1/4 波長板) 5 により完璧な円偏光になっている場合は、PBS 4 の透過光、すなわち LD 1 の戻り光は“0”となり、メディア反射光は PD 10 によって完全に検出される。

【0008】

また、光情報処理装置である光ディスクドライブ装置に用いられる光ピックアップとして、光記録媒体からの反射光を回折格子により分岐し、光検出器で受光する光学系を備えたものが種々提案されており、回折格子として偏光性の回折格子を用いたものが知られている。例えば、特許文献 1 の光ヘッド装置およびその製造方法には、光源からの光束を回折格子を通して光記録媒体に照射することにより、情報の記録・再生を行う光ヘッド装置において、回折格子として、光学異方性ポリマーにより形成された光学異方性を有する回折格子を用いることが記載されている。

【0009】

一方、一台の光ディスクドライブ装置で、CD の記録および再生、DVD の記録および再生が行える、いわゆるスーパーコンボドライブが実用化されている。この CD/DVD 兼用光ディスクドライブ装置に用いられる光ピックアップでは、CD 用の 790 nm 波長帯の半導体レーザーと DVD 用の 650 nm 波長帯の半導体レーザーとが分離した状態で配置されている。この光ピックアップでは、半導体レーザー (650 nm 波長帯および 790 nm 波長帯) からの出射光は、波長合成プリズムにより同一光軸上で合成され、ビームスプリッタを透過した後に、コリメートレンズで平行光とされ、対物レンズに入射する。この対物レンズを透過し、光記録媒体の情報記録面に集光された光ビームが、その情報記録面で

反射され、反射された光（以下、信号光という）は、元の往路と同じ光路を逆行していく。

【0010】

すなわち、この信号光は、再び、対物レンズによって平行光となり、コリメートレンズとビームスプリッタを介し、光検出器の受光面に集光する。そして、この光検出器で電気信号に変換される。

【0011】

また、2つの波長の光を発光する半導体レーザーとして、例えば、790 nm 波長帯の半導体レーザーと650 nm波長帯の半導体レーザーとを1チップ内に形成したモノリシックな2波長用半導体レーザーや、各波長帯のレーザーチップを発光点間が100～300 μ m程度の間隔となるように配置した複数チップからなる2波長用半導体レーザーも提案されている。これらの2波長用半導体レーザーを用いれば、前述したような2つの半導体レーザーが別ユニットで構成された従来の光ピックアップに比べ、部品点数が低減し、小型化および低コスト化が図れる。

【0012】

図10に、各波長帯のレーザーチップを近接配置した2波長用の半導体レーザーユニットの概略構成を示す。CD、DVD各波長帯のLD（半導体レーザー）2a, 2bを発光点間が100～300 μ m程度の間隔となるように配置し、PD（光検出器）10を同一パッケージ内に配置する。また、復路を通った信号光をPD10に導くためのCD、DVD用別に回折格子11a, 11bをLD2a, 2bの前に配置する。

【0013】

このようなCD、DVD用LD2a, 2b、PD10、CD、DVD用回折格子11a, 11bを一体構成として配置した場合、復路のCD用の光とDVD用の光のビーム径が重なるため、回折格子には、CD光に対してはDVD光が、DVD光に対してはCD光が透過するときに光を回折させない波長選択性をもたせる必要がある。

【0014】

また、各LD2a, 2bに対して近接した位置に回折格子11a, 11bを配置しなければならず、この近接位置からPD10に光を導くためには、回折角を $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ と大きくしなければならない。また、回折角を大きくするためには回折格子の格子ピッチを狭くする必要がある、回折角からピッチは $2\mu\text{m}$ 前後にしなければならない。

【0015】

波長選択性を有する回折格子の場合、波長選択条件と波長を決めると、回折光側の波長の光の回折効率が一義的に決まり、回折効率を任意に設定することができないことから、この問題に対して、特許文献2の2波長用回折格子および光ヘッド装置では、広ピッチの回折格子に対して、格子の凸部の幅と周期の比が0.5で最大回折効率が得られることから、この比を0.5以外の値に設定し、回折効率を低下させることにより、回折効率の最大値以下の領域で任意に回折効率を設定することが記載されている。

【0016】

【特許文献1】

特開平9-50642号公報

【特許文献2】

特開2001-281432号公報

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許文献2に記載の方法は広ピッチの回折格子にのみしか適用されず、回折効率を最大値以上の値に設定することができない。また、狭ピッチ領域における回折効率は、理論的に30%前後に収束し、これより高い回折効率を得ることは難しい。

【0018】

広ピッチ格子の回折効率を高める技術として、格子形状をブレード化する方法があり、+方向と-方向の回折光の効率の比を変え、片側に寄せることにより回折効率を向上させることができる。この方法は広ピッチ格子に対しては効果があるが、狭ピッチ格子に対しては、溝の深さに対してピッチが小さいのでブレード

形状を作成するのが難しく、高効率な回折格子を形成することは困難である。

【0019】

記録用DVDにおいては、現在主に偏光光学系が用いられており、復路回折効率が32%程度の偏光性回折格子が用いられている。今後さらに高速化すると、PD検出光量が不足し、高速記録ドライブを実現することが困難となる。偏光性回折格子の回折効率が現状の32%から上昇すると、PD検出光量が増加し、さらに高速記録可能なDVD記録ドライブが実現できる。

【0020】

また、Blu-Ray Discなどの光源波長が400nm帯を用いる光ディスクドライブ装置に用いる光ピックアップにおいては、さらに高効率な回折格子が必要となる。つまり、レンズなどの光学材料の透過率が波長660nm帯では95%以上であったが、波長400nm帯では90%に低下する。さらに球面収差、コマ収差等の各種収差を補正する素子が数多く入り、各光学部品を透過する際に生ずる光量低下が大きな問題となる。また、短波長化による量子効率の低下から光検出器の光電変換効率が低下し、PD検出光量が激減する問題がある。以上のような検出光量低下を考慮すると、光源波長が400nm帯を用いる光ディスクドライブ装置に用いる光ピックアップにおいては、回折効率が60%以上必要となり、狭ピッチ回折格子を用いて光ピックアップを構成することは困難であるという問題があった。

【0021】

本発明は、前記従来技術の問題を解決することに指向するものであり、格子ピッチを小さくした場合の回折格子において、回折効率を大きくすることが可能な回折格子を実現し、この回折格子を用いて従来技術の問題点を解決した光ピックアップを提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するために、本発明に係る回折格子および光ピックアップにおける請求項1，2記載の回折格子は、断面形状が周期的な凹凸形状を有する回折格子において、回折格子の凹凸形状の凸部を形成する屈折率の大きい部材の幅D

と凸部間のピッチ Λ とにおいて、次の条件「 $D/\Lambda \leq 0.4$ 」を満足すること、また、断面形状が周期的な凹凸形状を有する回折格子において、回折格子における凸部間のピッチを Λ 、回折格子の凹部の深さを T 、回折格子の平均屈折率を n 、光源の波長を λ 、回折格子の厚さ形状を定義する Q 値を $Q = 2\pi\lambda T/n\Lambda^2$ として、回折格子の凸部を形成する屈折率の大きい部材の屈折率を n_2 、回折格子の凹部を形成する屈折率の小さい部材の屈折率を n_1 、屈折率差を $\Delta n = n_2 - n_1$ としたときの、凸部間のピッチ Λ と凸部の幅 D とにおいて、次の条件「 $D/\Lambda = 1/2 \cdot \exp(-3\Delta n Q/2)$ 」を満足することによって、凹凸形状を有する回折格子の凸部間のピッチ Λ と凸部の幅 D との D/Λ が条件を満足する回折格子によって、0 次回折光、 ± 1 次回折光において大きな回折効率を得ることができる。

【0023】

また、請求項 3，4 記載の回折格子は、請求項 1，2 記載の回折格子において、回折格子における凸部間のピッチを Λ 、回折格子の凹部の深さを T 、回折格子の平均屈折率を n 、光源の波長を λ として、 $Q = 2\pi\lambda T/n\Lambda^2$ で与えられる Q 値が、次の条件「 $Q > 1$ 」を満足すること、さらに、回折格子の凸部の幅 D と凸部間のピッチ Λ における、 $D/\Lambda \leq 0.4$ を満足するように明暗の幅の比を 1 : 1 から変更したマスクパターンを有するフォトマスクを用いて回折格子を作成したことによって、所望の D/Λ の値となるように明暗の幅の比を変えたマスクパターンを有するフォトマスクを用いて回折格子を形成して、0 次回折光、 ± 1 次回折光において大きな回折効率を得ることができる。

【0024】

また、請求項 5～7 記載の回折格子は、請求項 1～4 記載の凹凸形状を有する回折格子において、凸部を複屈折媒質で形成し凹部を等方性媒質で充填したこと、また凸部の複屈折媒質に、有機延伸膜を用いたこと、または凸部の複屈折媒質に、液晶を用いたことによって、入射光の偏光面の角度により任意に回折効率を変え、往路で透過、復路で回折させることができる。

【0025】

また、請求項 8 記載の回折格子は、請求項 1～7 記載の回折格子において、こ

の回折格子が、光源の波長として、波長 λ_1 および波長 λ_2 を用いて、一方の波長 λ_1 を透過させるとともに、他方の波長 λ_2 を回折させることによって、回折格子を2波長の光源、光検出器等と集積して一体形成することができる。

【0026】

また、請求項9、10記載の光ピックアップは、請求項1～8のいずれか1項記載の回折格子を用いる、光源からの出射光を取り込み、集光レンズにより光記録媒体上に集光して記録または再生を行う光ピックアップにおいて、光源と光記録媒体間の光路中に配置される回折格子と、光記録媒体からの反射光を回折格子により分岐して受光する光検出器とを備えたこと、さらに、光源と、光検出器と、回折格子が一体化されたことによって、高い検出効率を得ること、高速記録・再生することができ、光ピックアップの組み立て時間が短縮、光学系調整も簡単に行うことができる。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明における実施の形態を詳細に説明する。

【0028】

図1は本発明の実施の形態1における凹凸形状を有する回折格子の概略構成を示す部分断面図である。例えば、この回折格子には、 SiO_2 等の透明な部材の表面にエッチング等により図1に示すような溝（凹部）を形成している。溝は矩形状であり、回折格子の凸部間（格子）のピッチ $\Lambda = 8 \mu\text{m}$ 、溝深さ $T = 1 \mu\text{m}$ である。入射光側は空気であり、屈折率 $n_1 = 1$ 、透過光側は SiO_2 であり、屈折率 $n_2 = 1.45$ である。入射光側から波長 $\lambda = 0.66 \mu\text{m}$ の単色光を入射し、透過側の0次回折光、 ± 1 次回折光を測定する。格子の屈折率の高い側すなわち SiO_2 側の幅を D とし、 D/Λ を考える。

【0029】

図2にピッチ Λ を一定にしたときの D/Λ の変化に対する ± 1 次回折光の回折効率を示す。図2に示す破線のピッチ Λ が $8 \mu\text{m}$ のときに D/Λ は0.5より少し小さいところで最大の26.4%となり、 D/Λ が大きくなると回折効率は減少する。同様に、 D/Λ が小さくなっても回折効率は減少する。また、格子ピッ

チ Λ を $1.5 \mu\text{m}$ とすると、図 2 に示す実線のように、 D/Λ が 0.5 のとき、回折効率は 20.9% であるが、最大とはならず、 D/Λ を小さくしていくと、すなわち SiO_2 の幅 D が小さくなると、回折効率は上昇する。 D/Λ が 0.2 近くで回折効率は 46.0% となり、ピッチ Λ が $8 \mu\text{m}$ の最大回折効率 26.4% を大幅に上回る。このように、 D/Λ を調整することにより、回折効率を D/Λ が 0.5 のときより大きくすることができる。

【0030】

以上のことから、 D/Λ が小さい領域、特に 0.4 以下の領域で回折効率の最大値が現れるので、 D/Λ を 0.4 よりも小さくすることによって ± 1 次回折効率を高めることができる。

【0031】

このような断面形状が周期的な凹凸形状である回折格子において、凸部間のピッチを Λ 、凹部の深さを T 、回折格子の平均屈折率を n 、光源の波長を λ 、 Q 値を $Q = 2\pi\lambda T/n\Lambda^2$ とし、回折格子の凸部を形成する屈折率の大きい部材の屈折率を n_2 、回折格子の凹部を形成する屈折率の小さい部材の屈折率を n_1 、屈折率差を $\Delta n = n_2 - n_1$ としたときの、凸部間のピッチ Λ に対する屈折率の大きい部材（凸部）の幅 D との比を D/Λ とすると、 ± 1 次回折効率が最大値となる D/Λ の値 D/Λ_{max} は、種々の実験結果や計算から、(数 1) のように表すことができる。

【0032】

【数 1】

$$D/\Lambda_{\text{max}} = 1/2 \cdot \exp(-3\Delta n Q/2)$$

ここで、ピッチ $\Lambda = 8 \mu\text{m}$ のとき、(数 1) から計算した D/Λ_{max} は 0.48 、また、ピッチ $\Lambda = 1.5 \mu\text{m}$ のときの D/Λ_{max} は 0.18 となり、図 2 の結果と一致する。したがって、回折格子の D/Λ を (数 1) を用いて計算した D/Λ に近づけることによって、 D/Λ が 0.5 の従来の回折格子より大きい ± 1 次回折効率をもつ回折格子を実現できる。

【0033】

薄い格子、厚い格子の目安として、回折格子の Q 値が定義されている。いま、

光源の波長を λ ，回折格子の凹部の深さを T ，回折格子の平均屈折率を n ，格子（凸部間の）ピッチを Λ としたとき、回折格子の Q 値は、（数 2）で与えられる。

【0034】

【数 2】

$$Q = 2 \pi \lambda T / n \Lambda^2$$

ここで、 $Q < 1$ のとき薄い平面型格子、 $Q > 10$ のとき厚い体積型格子、 $1 < Q < 10$ のとき平面型から体積型への中間領域の格子という目安がある。図 2 の例では、ピッチ $\Lambda = 8 \mu\text{m}$ のとき、 $Q = 0.05$ となり、薄い平面型格子である。また、ピッチ $\Lambda = 1.5 \mu\text{m}$ のときは $Q = 1.5$ となり、中間領域の格子となる。ピッチ $\Lambda = 8 \mu\text{m}$ の薄い平面型格子の場合は、図 2 より D/Λ の調整による ± 1 次回折効率の向上効果は現れないが、ピッチ $\Lambda = 1.5 \mu\text{m}$ の中間領域の格子では、 D/Λ の調整による ± 1 次回折効率の向上効果は顕著である。

【0035】

このように中間領域から厚い体積型格子にかけての領域、すなわち $Q > 1$ の領域において D/Λ の調整による回折効率の向上効果は顕著である。したがって、 $Q > 1$ の領域の回折格子において、 D/Λ を 0.4 以下に調節することにより ± 1 次回折効率を大きくすることができる。

【0036】

次に、本発明の実施の形態 2 における回折格子について、その作成方法を、図 3 (a) ~ (f) を参照しながら説明する。まず、図 3 (a) に示すように、透明性の基板の上にフォトレジスト層をスピコートなどにより形成する。このフォトレジスト層に格子パターンを露光し現像を行うと、図 3 (b) の透明性基板の上に回折格子のパターンが形成される。ここで、露光するときの格子パターンのラインアンドスペース（明暗）の比を 1 : 1 からずらし、完成状態の回折格子の D/Λ が所望の値となるように調整し形成する。ここが本実施の形態 2 における回折格子の大きな特徴である。

【0037】

以上のように形成したフォトレジストの格子パターンの上にアルミニウム、ク

ロムなどの金属層を真空蒸着、スパッタリング法などにより形成し（図3（c）参照）、次にフォトレジストパターンをアセトン等の有機溶剤による溶出、あるいは酸素プラズマ中での分解による除去を行って、フォトレジストパターンとその上の金属層を取り除く。図3（d）に示すように、残った金属格子パターンが以後のドライエッチングのマスクとなる。

【0038】

次に、前述した透明性の基板上に金属格子パターンを形成したものをイオンビームエッチング、反応性イオンエッチング、あるいはプラズマエッチングなどのドライエッチング装置に入れ、金属パターンをマスクとしてエッチングする（図3（e）参照）。所望の深さまでエッチングした後、酸によって金属マスクを除去することにより、図3（f）に示す所望の D/Λ の値をもった回折格子を形成することができる。

【0039】

本実施の形態3によれば、従来の回折格子の形成プロセスを殆ど変更することなく、格子パターンの明暗の幅の比を1：1から変えたマスクパターンをもつフォトマスクを用いて所望の D/Λ の値の回折格子を形成でき、この回折格子により0次回折光、 ± 1 次回折光における大きな回折効率を得ることができる。

【0040】

図4は本発明の実施の形態3におけるCD/DVD共通光路としたLD、PDユニットの概略構成を示す図である。図4に示すCD用LD2aとDVD用LD2bの間隔を $100\mu\text{m}$ から $300\mu\text{m}$ に近接して設置する。CD用LD2aから出射された波長 780nm 帯の光は、広がり角 θ_{CD} をもってDVD用回折格子（HOE）11bとCD用HOE11aを透過する。CD用HOE11a、DVD用HOE11bを透過した光はCL（コリメートレンズ）3、波長板（ $1/4$ 波長板）5、OL（対物レンズ）6を透過し、光記録媒体8の情報記録面に照射される。

【0041】

光記録媒体8の情報記録面から反射した信号光は、再び、OL6、CL3を通り、CD用HOE11a、DVD用HOE11bを透過する。このとき、CD用

HOE 11aではCD光を回折し、DVD光は透過する。逆に、DVD用HOE 11bではCD光が透過し、DVD光を回折する。この回折した光は、CD、DVD光共にPD（光検出器）10に入射し、光記録媒体8からの反射光の光量を検出する。

【0042】

このようなCD/DVD共通光学系において、CD光学系は無偏光光学系、DVDは偏光光学系とする。したがって、CD用HOE 11aは無偏光回折格子であり、複路においてDVDの光に対する0次回折効率は95%以上が必要とされる。またCD光においても、CD書き込み系ピックアップの場合、0次回折効率は80%以上、1次回折効率は8%以上が必要とされる。

【0043】

これらの条件を元に、無偏光CD用HOEを設計した。材質はBK7で屈折率 $n_2=1.51$ 、屈折率差 $\Delta n=0.51$ 、格子部平均屈折率 $n=1.26$ 、形状はピッチ $\Lambda=2.4\mu\text{m}$ 、 $D/\Lambda=0.23$ の矩形格子である。図5に前記形状の矩形格子の溝深さTに対するDVD光（波長 $\lambda=0.66\mu\text{m}$ ）の0次回折効率、1次回折効率CD光（波長 $\lambda=0.78\mu\text{m}$ ）の0次回折効率、1次回折効率を示す。波長選択CD用HOEの場合、DVD光は透過、CD光は一部回折させるため、溝深さは、図5でDVD 0次回折光の2つめの最大値である $1.5\mu\text{m}$ 辺りを使用する。溝深さ $T=1.55\mu\text{m}$ としたとき、DVD 0次回折効率95%、CD 0次回折効率81%、CD 1次回折効率9.1%が得られた。

【0044】

一般に回折格子の設計では、簡便に、スカラー回折理論に基づく代数計算により回折効率を求める。スカラー回折理論では、波長 λ における0次回折効率 η_0 と ± 1 次回折効率 η_1 は、それぞれ、（数3）、（数4）となる。

【0045】

【数3】

$$\eta_0 = (2D/\Lambda - 1)^2 \sin^2 \theta + \cos^2 \theta$$

【0046】

【数4】

$$\eta_1 = 4 (\sin(\pi D/\Lambda) / \pi)^2 \sin^2 \theta$$

ただし位相変化 θ は、(数5) である。

【0047】

【数5】

$$\theta = \pi / \lambda \cdot \Delta n T$$

この式を用いて前記条件の回折格子の、溝深さ T に対する DVD 0 次回折効率を求めると図6に示す曲線となる。ただし、この図6では $D/\Lambda = 0.5$ で計算を行った。(数3) のスカラー計算では、図6のように溝深さ T に対して回折効率は規則的なコサイン関数となり、溝深さ $T = 1.3 \mu\text{m}$ で2山目の最大値となる。

【0048】

しかし、実際の回折格子は図6の太線で示す曲線のようにではなく、図6中の破線で示す曲線となる。この曲線は RCWA (厳密結合波解析) 法で計算した値であり、実測データとも一致する。この2山目の0次回折光の低下の要因は、スカラー計算では生じない偶数次回折光の発生であり、この偶数次の回折光により0次回折光の効率が低下している。この図6の破線で示す曲線の計算は、 $D/\Lambda = 0.5$ で行ったが、 D/Λ を調整して、 $D/\Lambda = 0.23$ とすると、図6の細線で示す曲線のように、この DVD 0 次回折光の2山目の回折効率が上昇する。溝深さ $T = 1.45 \mu\text{m}$ で最大値となり、 $D/\Lambda = 0.5$ のときの回折効率に比べ、各段に大きくなり、スカラー計算に近い値となっている。このように、 D/Λ を0.4より小さい値に調整することにより、回折格子の回折効率を格段に上昇させることができる。

【0049】

次に、本発明の実施の形態4における回折格子について、その実施例1として作成方法を、図7(a)～(g)を参照しながら説明する。本実施例1の回折格子は、偏光性回折格子であり、まず、光学ガラスなどの透明性の基板の上に複屈折媒質を形成する。この形成法は複屈折媒質の膜を基板に貼りつける、あるいは複屈折媒質をスピンコートなどで塗布する、あるいは真空蒸着、スパッタリングなどの物理的製膜法で形成する。さらに、複屈折媒質の上にフォトレジスト層を

スピンコートなどにより形成する（図 7（a））。

【0050】

フォトリジスト層に格子パターンを露光し現像を行った後、透明性基板の上に回折格子のパターンが形成される（図 7（b））。ここで露光するときの格子パターンのラインアンドスペースの比を 1：1 からずらし、完成状態の回折格子の D/Λ が所望の値となるように調整する。これは前述した実施の形態 2 と同様である。このように形成したフォトリジストの格子パターンの上にアルミニウム、クロムなどの金属層を真空蒸着、スパッタリング法などにより形成し（図 7（c））、このフォトリジストパターンとその上の金属層をアセトン等の有機溶剤による溶出、あるいは酸素プラズマ中での分解による除去によって、フォトリジストパターンとその上の金属層を取り除く（図 7（d））。残った金属格子パターンが以後のドライエッチングのマスクとなる。

【0051】

次に、透明基板上の複屈折媒質に金属格子パターンを形成したものをイオンビームエッチング、反応性イオンエッチング、あるいはプラズマエッチングなどのドライエッチング装置に入れ、金属パターンをマスクとして複屈折媒質をエッチングする（図 7（e））。所望の深さまでエッチングした後、酸によって金属マスクを除去すると、凹凸形状の矩形格子が複屈折媒質に形成される（図 7（f））。

【0052】

さらに、複屈折媒質の凹凸部を等方性の媒質で充填し、その上に透明基板を被せる（図 7（g））。このとき、等方性媒質の屈折率は、複屈折媒質の常光線屈折率あるいは異常光線屈折率の何れかと等しいことが透過率、回折効率を高める上で望ましい。また、最上部の透明基板は必ずしも必要ではなく、等方性媒質の平坦性が確保することができればなくてもよい。

【0053】

本実施例 1 では、ドライエッチング用の金属マスクの作成方法として、いわゆるリフトオフ法を用いる作成方法を述べたが、この方法に限定されず、複屈折媒質上に直接金属層を形成し、この金属層上にフォトリジストを塗布して格子パタ

ーンを露光、現像して、フォトレジストによる格子パターンを形成し、この格子パターンをエッチングマスクとして金属層をエッチングする。その後、フォトレジストを除去して図7（e）に示す状態を形成することもできる。以上の方法によって、所望の D/Λ の値をもった回折効率の高い偏光性回折格子を形成することができる。

なお、複屈折媒質は複屈折性を示す透明性物質なら何でもよく、有機膜、有機延伸膜が使用できる。有機延伸膜の材料としては、ポリエステル系、ポリイミド系、ポリエチレン系、ポリカーボネイト系、ポリビニルアルコール系、ポリメタクリル酸メチル系、ポリスチレン系、ポリサルフォン系、ポリエーテルサルフォン系、ポリエチレンテレフタレート系などの有機材料が使える。特にPET（ポリエチレンテレフタレート）、PC（ポリカーボネイト）の延伸膜は、延伸方向とその垂直方向の屈折率差 Δn が0.1と大きく、本実施例1には最適である。

【0054】

また、本実施の形態4の実施例2における回折格子の形成方法として、複屈折媒質に代えて液晶を使うこともできる。以下に、本実施の形態4の実施例1として液晶の場合の形成方法を示す。まず、透明基板を配向処理し、その上に光硬化性液晶を均一に塗布し、配向方向に合わせ格子パターンを露光する。ここで、露光するときの格子パターンのラインアンドスペースの比を1：1からずらし、完成状態の回折格子の D/Λ が所望の値となるように調整する。ここが本特許の大きな特徴である。硬化後未硬化部を除去すると、液晶の凹凸形状ができる。凹部を等方性物質で充填し、等方性物質表面に透明基板を接着することにより、偏光性回折格子を形成することができる。

【0055】

また、本実施の形態4の実施例3における回折格子の形成方法として、以下に示すような液晶偏光性回折格子の形成方法がある。配向処理した2枚の透明基板を、配向面を内側にして配向方向を合わせ向かい合わせて設置する。2枚の基板のギャップは、ギャップを一定に保つギャップ材により一定に保たれている。そのギャップに光硬化性液晶を注入し、格子パターンを露光し、液晶硬化部と未硬化部の回折格子を形成する。ここでも同様に、露光するときの格子パターンのラ

インアンドスペースの比を 1 : 1 からずらし、完成状態の回折格子の D/Λ が所望の値となるように調整する。その後外部から液晶に電界を印加し、その電界を印加した状態で全面露光する。液晶未硬化部が電界配向状態で硬化し、液晶による偏光性回折格子を形成することができる。

【0056】

なお、偏光性回折格子の形成方法は前述した各実施例により説明した形成方法だけではなく、様々な方法がある。このように形成された偏光性回折格子は、液晶の方向とその垂直方向の屈折率差 Δn が最大 0.2 にすることができ、本発明には最適である。

【0057】

以上のように作成した偏光性回折格子の動作について説明する。偏光性回折格子は、複屈折媒質に形成された回折格子の溝を等方性媒質で充填した構造をもっている。等方性媒質の屈折率は複屈折媒質の常光線屈折率、あるいは異常光線屈折率とほぼ同じであるように選定する。ここでは等方性媒質の屈折率は複屈折媒質の常光線屈折率と同じであるとする。

【0058】

このような回折格子に、直線偏光を入射した場合を考える。まず常光線屈折率に従う偏光面をもった光を入射すると、格子部の複屈折媒質の屈折率は常光線屈折率であり、等方性媒質の屈折率も常光線屈折率に等しいため、この偏光面をもった光に対しては格子を認識することができない。したがって、入射光はそのまま透過し、回折格子として機能しない。逆に、異常光線屈折率に従う偏光面をもった光を入射すると、格子部の複屈折媒質の屈折率は異常光線屈折率であり、等方性媒質の屈折率は常光線屈折率に等しいため、この偏光面をもった光は格子を認識し、光を回折する。このように、入射光の偏向方向によって回折効率を変えることができる。

【0059】

図 4 を参照しながら、本発明の実施の形態 5 の光ピックアップにおける、偏光性回折格子を用いた DVD 用 HOE 11b を説明する。DVD は図 9 で説明したのと同じく、書き込み光学系の場合、記録パワーの制限から照明効率を上げなけ

ればならず、偏光光学系を採用している。DVD用LD 2bから出射した光は、DVD用HOE 11bに入射する。このとき、DVD用HOE 11bは偏光性回折格子であるため、往路の光に対して、透過光が最大となるように偏光面が調節されている。すなわち、往路の光に対してはDVD用HOE 11bは透明板として機能する。

【0060】

その後、波長板（1/4波長板）5を透過して光記録媒体8を反射した光は、再び波長板5を透過し、偏光面が90°回転した直線偏光となってDVD用HOE 11bに逆側から入射する。偏光面が90°回転しているため、復路の光に対してはDVD用HOE 11bは回折格子として機能し、光を回折し、PD 10に信号光を導く。このときDVD光は、CD用HOE 11aを往路復路共に透過するが、実施の形態3で示したように、CD用HOEはDVD光に対しては透過であるため、問題とはならない。

【0061】

図4は前述したように、CDとDVD共通光路におけるLD、PDユニットを示し、CD用LD 2aとDVD用LD 2bの間隔を100μmから300μmに近接して設置する。DVD用LD 2bから出射された波長660nm帯の光は、広がり角 θ_{DVD} をもってDVD用HOE 11bとCD用HOE 11aを透過する。CD/DVD用HOEを透過した光はCL（コリメートレンズ）3、波長板5、OL（対物レンズ）6を透過し、光記録媒体8の情報記録面に照射される。情報記録面から反射した信号光は再びOL 6、CL 3を通り、CD用HOE 11a、DVD用HOE 11bを透過する。このとき、CD用HOE 11aではCD光を回折し、DVD光は透過する。逆に、DVD用HOE 11bはCD光は透過し、DVD光を回折する。この回折した光は、CD、DVD光共にPD（光検出器）10に入射し、光記録媒体8からの反射光の光量を検出する。

【0062】

このようなCD/DVD共通光学系において、CD光は無偏光光学系、DVD光は偏光光学系とする。したがって、DVD用HOE 11bは偏光性回折格子であり、復路においてCD光に対する0次回折効率は95%以上が必要とされる。

また、DVD光においても、DVD書き込み系ピックアップの場合、1次回折効率は32%以上が必要とされる。

【0063】

これらの条件を元に、偏光性回折格子のDVD用HOEを設計した。材質は液晶で屈折率差 $\Delta n = 0.2$ 、形状はピッチ $\Lambda = 2.0 \mu\text{m}$ 、 $D/\Lambda = 0.26$ の矩形格子である。図8に前記形状の矩形格子の溝深さ T に対するDVD光（波長 $\lambda = 0.66 \mu\text{m}$ ）の1次回折効率、CD光（波長 $\lambda = 0.78 \mu\text{m}$ ）の0次回折効率を示す。DVD用HOEの場合、CD光は透過、DVD光は回折させるため、溝深さ T は、図8で $5.8 \mu\text{m}$ 辺りを使用する。溝深さ $T = 5.8 \mu\text{m}$ としたとき、DVD 1次回折効率38%、CD 0次回折効率96%が得られた。

【0064】

ここで、CD 0次回折光の入射角度について、図4を用いて説明する。本実施の形態5ではDVD用HOE 11bを光源側、CD用HOE 11aをOL6側に配置した。このようにCD/DVD用HOE 11a, 11bを配置した場合、復路においてDVD用HOE 11bをCD光が透過するときに、CD光は既にCD用HOE 11aで回折されており、DVD用HOE 11bにはCD用HOE 11aの回折角が付いた入射角度で入射することとなる。CD用HOE 11aのピッチ Λ は $2.4 \mu\text{m}$ であり、このピッチ Λ からCD用HOE 11aのCD光回折角度は 19° である。DVD用HOE 11bのCDの0次光回折効率は、このCD光の入射角度 19° を考慮しなければならない。先に算出したCDの0次光回折効率96%および図8のCDの0次光回折効率は、このCD入射角を考慮した値である。

【0065】

前述した各実施の形態のような D/Λ を0.4以下に調整した回折格子を光ピックアップに用いることにより、高い検出効率を得ることができ、高速記録・再生可能な光ピックアップを実現できる。

【0066】

また、本実施の形態3の図4に示すように複数波長の光源、光検出器、複数波長の回折格子を一体化して構成することにより、光ピックアップの組み立てを

行う際に、複数波長の光源、光検出器、複数波長用の回折格子が一体化されているので組み立て時間が短縮され、光学系調整も簡単に行うことができる。

【0 0 6 7】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、凹凸形状を有する回折格子の凸部間のピッチ Λ と凸部の幅 D の D/Λ が各条件を満足する回折格子によって、また、所望の D/Λ の値となるように明暗の幅の比を変えたマスクパターンを有するフォトリソマスクを用いて回折格子を形成して、0 次回折光、 ± 1 次回折光において大きな回折効率を得ること、また、凸部を複屈折媒質で形成し凹部を等方性媒質で充填した偏光性回折格子により、入射光の偏光面の角度により任意に回折効率を可変でき、往路で透過、復路で回折させることができ、さらに、光源の波長 λ_1 および波長 λ_2 の 2 波長の一方を透過、他方を回折させることで 2 波長の光源、光検出器、複数波長用の回折格子を一体化できる。

【0 0 6 8】

また、光ピックアップに前述した回折格子を用いることで、高い検出効率を得ることができ、また高速記録・再生することができ、光ピックアップの組み立て時間が短縮、光学系調整も簡単に行うことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 における凹凸形状を有する回折格子の概略構成を示す部分断面図

【図 2】

ピッチ Λ を一定にしたときの D/Λ の変化に対する ± 1 次回折光の回折効率を示す図

【図 3】

本発明の実施の形態 2 における回折格子の作成方法を説明する図

【図 4】

本発明の実施の形態 3 における CD/DVD 共通光路とした LD 、 PD ユニットの概略構成を示す図

【図 5】

本実施の形態 3 における回折格子の溝深さ T に対する DVD 0 次回折効率、CD 0 次回折効率、1 次回折効率を示す図

【図 6】

本実施の形態 3 における回折格子の溝深さ T に対する DVD 0 次回折効率を示す曲線を示す図

【図 7】

本発明の実施の形態 4 における偏光性回折格子の作成方法を説明する図

【図 8】

本実施の形態 3 における回折格子の溝深さ T に対する DVD 1 次回折効率、CD 0 次回折効率を示す図

【図 9】

光記録媒体に記録再生を行うピックアップの概略を示す構成図

【図 10】

各波長帯のレーザーチップを近接配置した 2 波長用の半導体レーザーユニットの概略構成を示す図

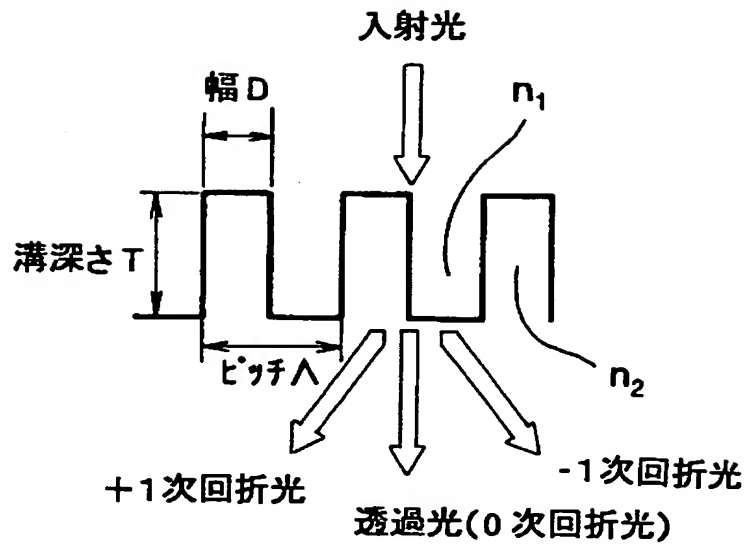
【符号の説明】

- 1 光ピックアップ
- 2 LD (半導体レーザー)
 - 2 a CD 用 LD
 - 2 b DVD 用 LD
- 3 CL (コリメートレンズ)
- 4 PBS (偏光ビームスプリッタ)
- 5 波長板 (1/4 波長板)
- 6 OL (対物レンズ)
- 7 集光レンズ
- 8 光記録媒体
- 10 PD (光検出器)
- 11 a CD 用 HOE (回折格子)

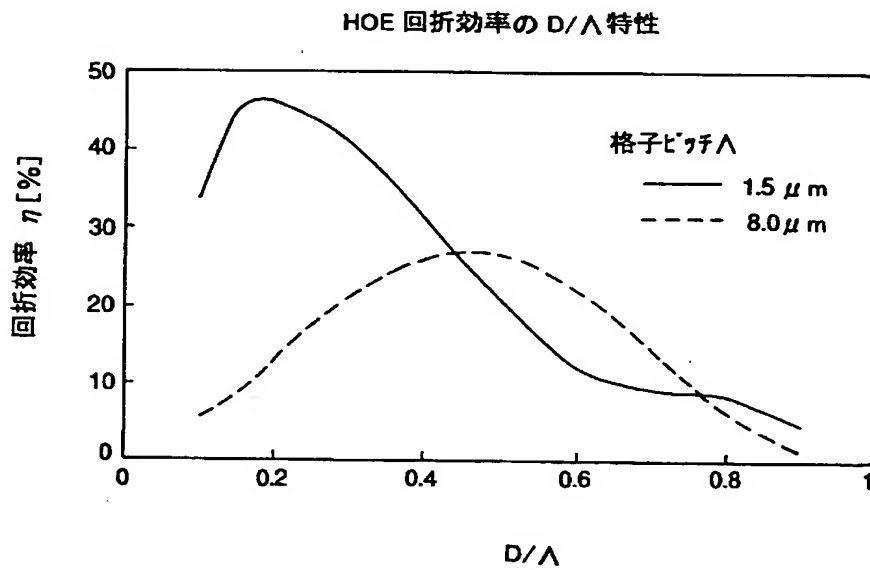
1 1 b DVD用HOE（回折格子）

【書類名】 図面

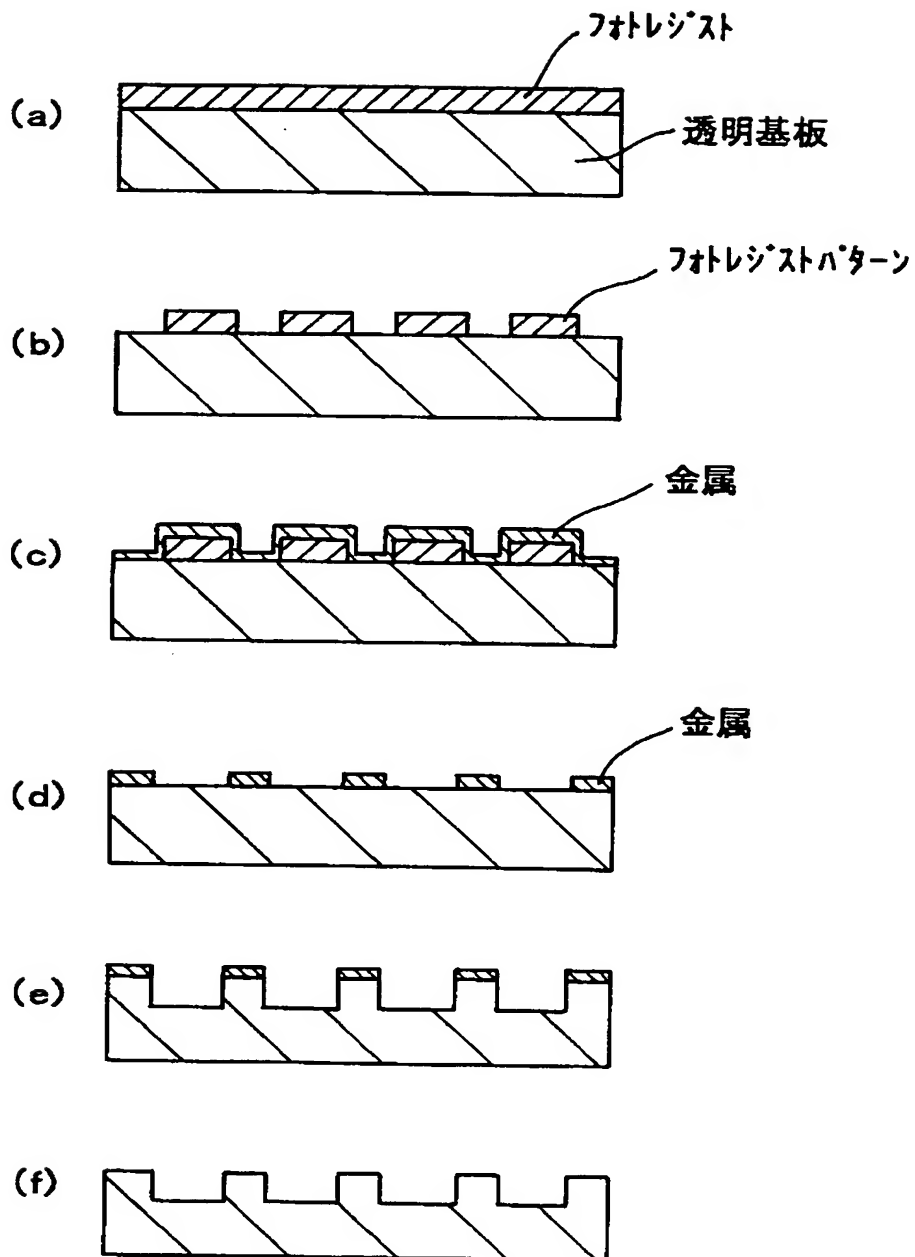
【図 1】



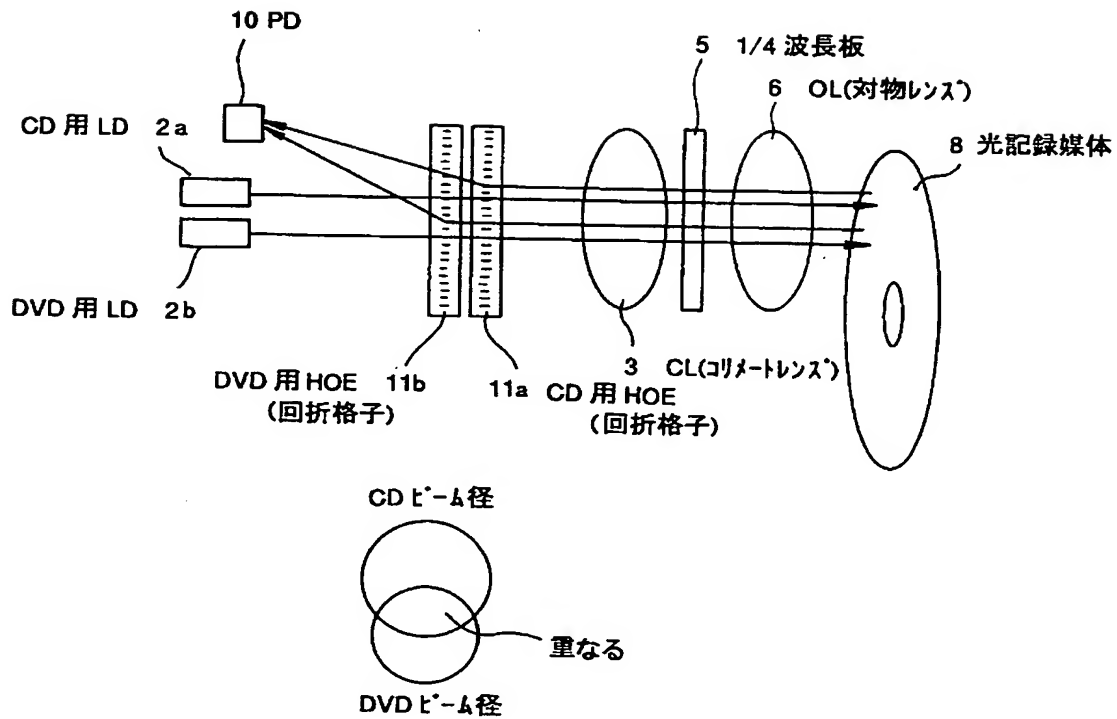
【図 2】



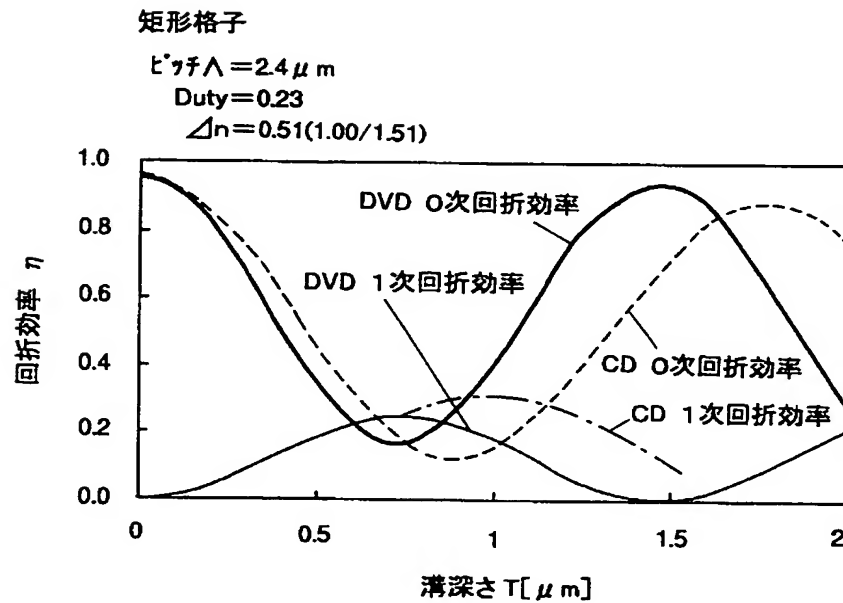
【図 3】



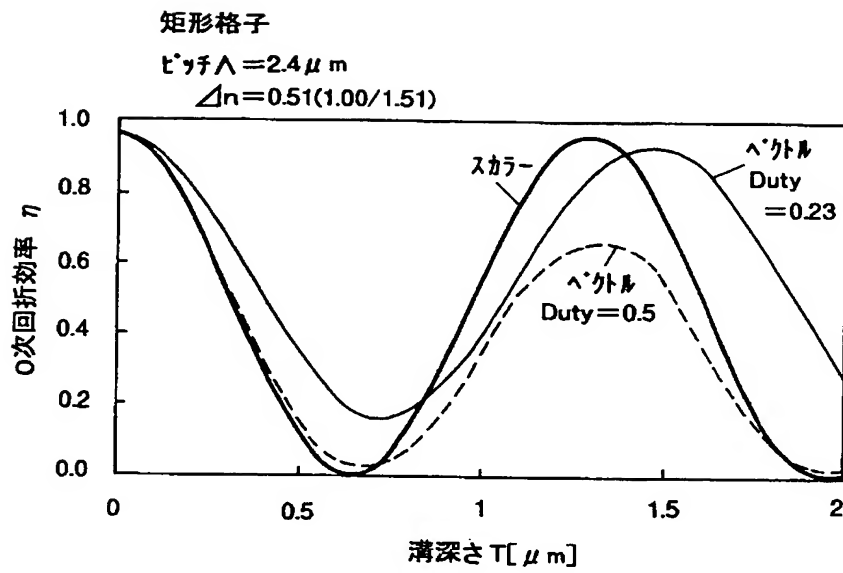
【図 4】



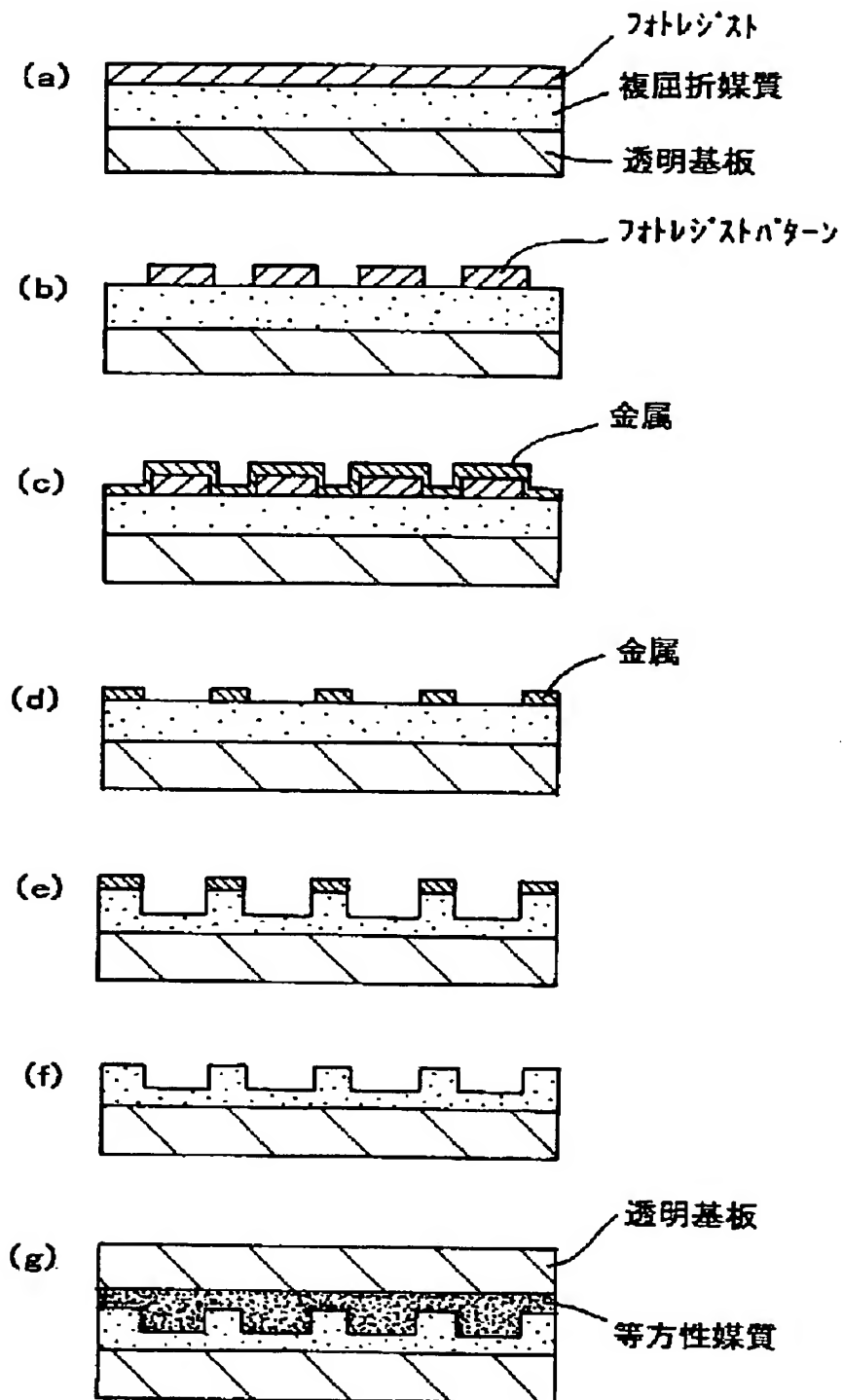
【図 5】



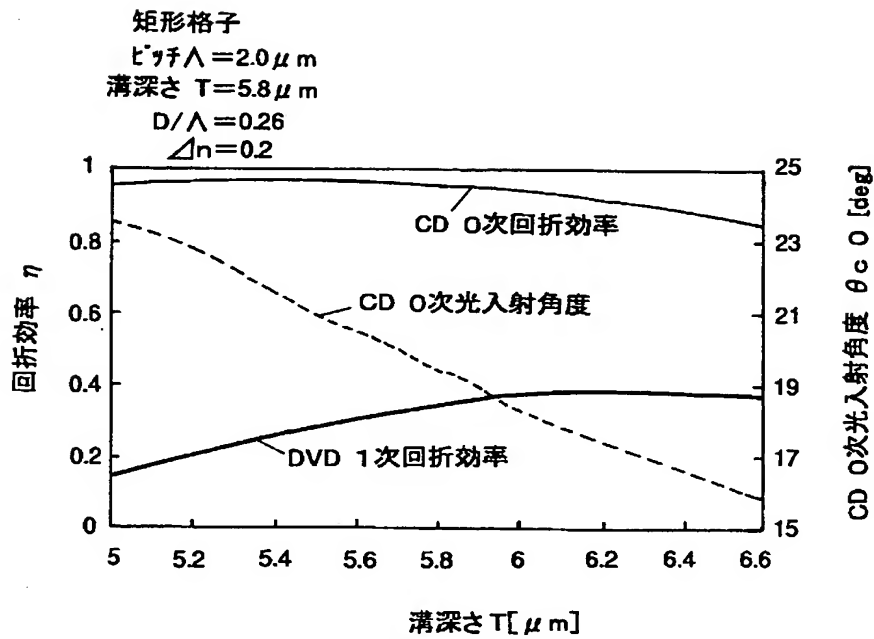
【図 6】



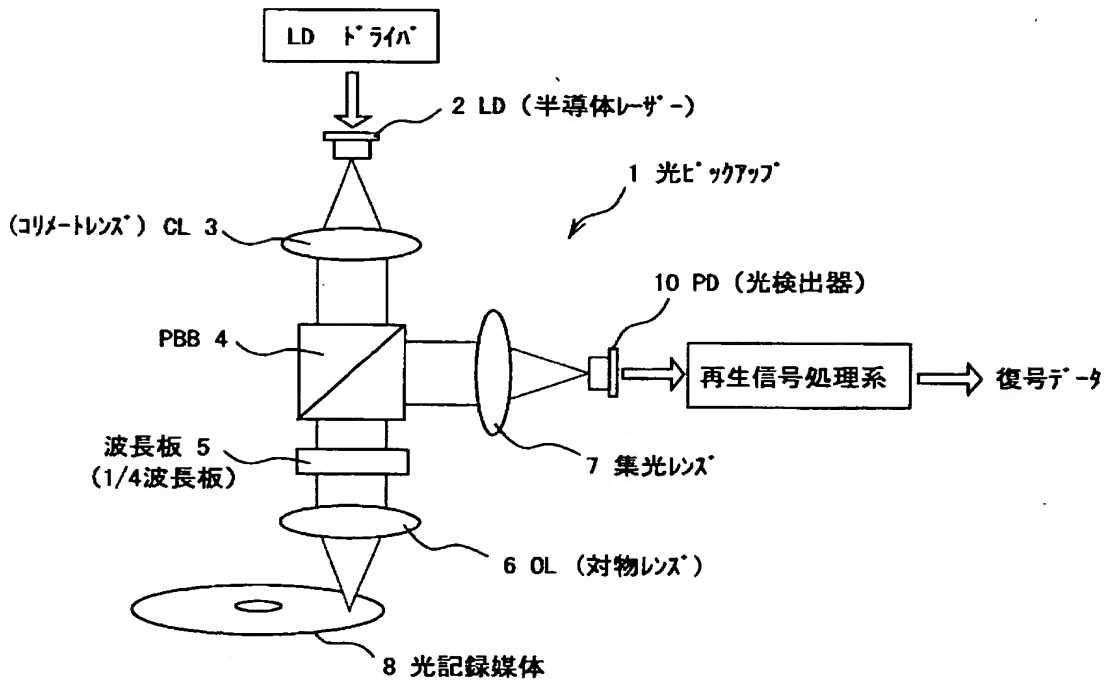
【図 7】



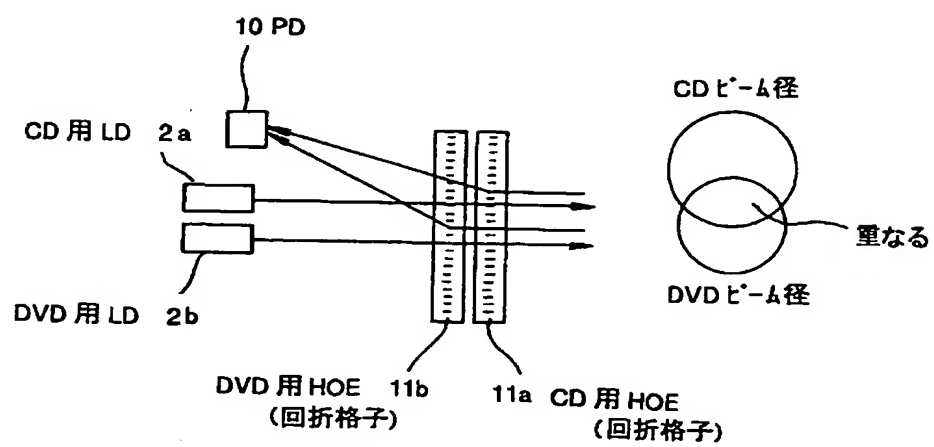
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 格子のピッチを小さくして、大きな回折効率を得る回折格子と、これを用いる高い検出効率と高速記録・再生できる光ピックアップを提供する。

【解決手段】 回折格子には、 SiO_2 等の透明な部材の表面にエッチング等により矩形状の溝（凹部）を形成、回折格子の凸部間（格子）のピッチ $\Lambda = 8 \mu\text{m}$ 、溝深さ $T = 1 \mu\text{m}$ 、入射光側は空気で、屈折率 $n_1 = 1$ 、透過光側は SiO_2 で、屈折率 $n_2 = 1.45$ のとき、入射光側から波長 $\lambda = 0.66 \mu\text{m}$ の単色光を入射、透過側の0次回折光、 ± 1 次回折光を測定する。格子の SiO_2 側の幅を D として D/Λ を考える。ピッチ Λ を一定にした D/Λ の変化に対する ± 1 次回折光の測定回折効率は、ピッチ Λ が $8 \mu\text{m}$ （破線）のとき D/Λ は0.5近傍で26.4%となる。ピッチ Λ が $1.5 \mu\text{m}$ （実線）のとき D/Λ は0.5で20.9%、 D/Λ を小さく、すなわち SiO_2 の幅 D が小さくなると、回折効率は上昇する。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 2 - 2 9 5 6 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 7 4 7]

- | | |
|----------|------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 4 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 株式会社リコー |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 2 年 5 月 1 7 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 株式会社リコー |